

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representation of  
The original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

☐ BEKRÄFTELSE AV TELEFAX – ANSÖKAN

Likalydande ansökningstext har ingivits

via telefax (datum) .....

19990816 1134391 230 9902916-7  
\*\*\*800.00

<b>UPPFINNINGENS BENÄMNING</b>	Modulator och integrerad krets		
<b>SÖKANDE</b> Namn och adress. Om ombud saknas ange även Ert telefonnummer. För juridisk person anges organisationsnummer.	Telefonaktiebolaget LM Ericsson (publ) 126 25 STOCKHOLM 19990816 1134398 232 9902916-7 ***200.00 Organisationsnummer		
<b>UPPFINNARE</b> Namn och adress	Michael Rask                      Lennart Lundqvist Knalleborgsvägen 3E              Torneågatan 47 178 35 EKERÖ                      164 79 KISTA		
<b>OMBUD</b> Namn, adress och telefonnummer	<input checked="" type="checkbox"/> Undertecknad sökande befullmäktigar härmed nedanstående upptagna svenska ombud att före- träda mig i allt som rör denna patentansökning och i allt som rör det eventuellt beviljade patentet. <input type="checkbox"/> Sökande befullmäktigar nedanstående svenska ombud genom separat fullmakt. AXEL EHRNERS PATENTBYRÅ AB Box 10316 100 55 STOCKHOLM                      Tel: 459 18 00 Ombudets ref nr    23723/JN                      19990816 1134394 231 9902916-7 ---                      19990816 1134395 234 9902916-7 ---                      ***510.00		
<b>BEGÄRAN OM PRIORITET</b> Datum, land och ansökningsnummer	--- 19990816 1134395 234 9902916-7 ---                      ***510.00		
<b>VID DEPOSITION AV MIKROORGANISM</b>	Depositionsmyndighet Depositionsdatum                      Depositionsnr		
<b>VID AVDELAD ELLER UTBRUTEN ANSÖKNING</b>	Stamansökningar                      Begärd löpdag		
<b>BEGÄRAN OM ITS- GRANSKNING</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Nyhetsgranskning av internationellt slag		
<b>BILAGOR</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Beskrivning, patentkrav och sammandrag i två exemplar <input checked="" type="checkbox"/> 2 ritningar i 2 exemplar <input type="checkbox"/> Överlåtelsehandling <input type="checkbox"/> Fullmakt <input type="checkbox"/> Sekvenslista på diskett EPOs program Patent In <input type="checkbox"/> Prioritetsbevis		
<b>AVGIFT</b>	<input type="checkbox"/> Ansökningsavgift 3.800 kr <input checked="" type="checkbox"/> Ansökningsavgift med ITS-granskning 7.000 kr 9.310:- <input checked="" type="checkbox"/> Tilläggsavgift, 100 kr för varje patentkrav utöver tio, 200 kr <input type="checkbox"/> Diariebevis: 20 kr		
<b>ANSÖKAN BETALAS VIA</b>	<input type="checkbox"/> Postgiro <input type="checkbox"/> Bankgiro <input checked="" type="checkbox"/> Check <input type="checkbox"/> Kontant		

Stockholm den 16 augusti 1999

Ort, datum

AXEL EHRNERS PATENTBYRÅ AB



Underskrift

Johan Nordkvist

## MODULATOR OCH INTEGRERAD KRETS

### TEKNISKT OMRÅDE

5 Föreliggande uppfinning hänför sig till en modulator enligt ingressen till patentkrav 1 och till en integrerad krets enligt ingressen till patentkrav 9.

### TEKNIKENS STÅNDPUNKT

10 Fibreroptiska kommunikationslänkar blir allt vanligare i och med att dess egenskaper är avpassade för att tillåta överföring med hög informationshastighet över långa avstånd.

15 I dessa fibreroptiska system används allt oftare halvledarlasrar som signalkälla. Vad som eftersträvas är en laser med smal spektral linjebredd vilket möjliggör sändning med hög informationshastighet (bithastighet) över långa sträckor utan att signalens ljuspulser flyter samman på grund av dispersion.

20 Ljuspulserna kan åstadkommas med direkt modulation av laserns drivström, det vill säga amplitudmodulering. En oönskad bieffekt vid sådan amplitudmodulering är att en ofrånkomlig svag frekvensmodulering, det vill säga att det utsända ljusets frekvens från lasern moduleras. Ett sådant våglängdssvaj benämns chirp. På grund av den optiska fiberns dispersion kommer den spektralt breddade ljuspulsen att undergå en pulsbreddning i tidsdomänen när pulsen utbreder sig längs fibern. Detta problem tilltar med ökad bithastighet och ökat överföringsavstånd.

25 Med användande av extern modulering kan nämnda chirp undvikas eller åtminstone minskas. Extern modulering kan göras med en separat modulatorkomponent eller en integrerad modulatorkomponent.

Exempelvis en elektroabsorptionsmodulator kan integreras på samma substrat som en laser. En elektroabsorptionsmodulator kan utnyttja Franz-Keldysheffekten eller Stark-effekten, det vill säga att en absorptionskant för en halvledare förskjuts mot längre våglängd då halvledaren påläggs ett elektriskt fält. Genom att modulera en backspänning över modulatorens, moduleras det transmitterade ljusets amplitud genom att absorptionskanten moduleras. Lasern behöver alltså inte moduleras, varvid chirp minskas.

- 10 Nämnda separata eller integrerade modulator bör företrädesvis skyddas mot reflexer från modulatorens ändyta, speciellt gäller detta för den integrerade modulatorens. Om ljus reflekteras tillbaka in i lasern, från modulatorens utgångsände, kommer lasern att svaja i våglängd. Det är av allt större betydelse att
- 15 reducera reflexer in i lasern vid höga bithastigheter och/eller långa transmissionssträckor. Detta har idag lösts genom att antireflexbehandla komponentens yta med exempelvis ett tunt skikt av  $\text{SiO}_x$  vilket skikt uppvisar en reflexionsförmåga på mindre än 0.1%.
- 20 Nämnda antireflexskikt är förhållandevis krångligt att anordna på modulatorens ändyta vilket är ett problem.

#### **REDOGÖRELSE FÖR UPPFINNINGEN**

- 25 Föreliggande uppfinning angriper ovan nämnda problem genom en modulator enligt patentkrav 1 samt en integrerad krets enligt patentkrav 9.

Avsikten med föreliggande uppfinning är att åstadkomma en modulator där åtminstone ovan nämnda problem reduceras.

- 30 En fördel är att precisionen inte behöver vara 100% för antireflexskiktsbehandlingen i kombination med föreliggande uppfinning för att uppnå förhållandevis hög prestanda.

En annan fördel med föreliggande uppfinning är att en implementation av denna inte kräver något extra processteg.

Uppfinningen kommer nu att beskrivas närmare med hjälp av föredragna utföringsformer och med hänvisning till bifogade ritningar.

#### FIGURBESKRIVNING

Figur 1 visar i vy från ovan en integrerad krets innefattande en modulator enligt uppfinningen och en laser.

Figur 2 visar ett tvärsnitt i längdriktningen genom en vågledare i modulatorens och lasern i figur 1 i vy från sidan.

Figur 3 visar ett tvärsnitt genom lasersektionen i den integrerade kretsen enligt figur 1.

Figur 4 visar ett tvärsnitt genom isolationssektionen i den integrerade kretsen enligt figur 1.

Figur 5 visar ett tvärsnitt genom modulatorens sektion i den integrerade kretsen enligt figur 1.

#### FÖREDRAGNA UTFÖRINGSFORMER

I figur 1 och 2 visas en integrerad krets innefattande en modulatorens sektion 3 enligt uppfinningen tillsammans med en lasersektion 1 på ett gemensamt substrat 4. Modulatorens sektionen enligt uppfinningen kan även vara anordnad på ett separat substrat. Substratet 4 är i detta fall ett n-dopat substrat av InP. Lasersektionen är av DFB-typ (Distributed Feed Back). Mellan lasersektionen 1 och modulatorens sektionen 3 finns

anordnat en isolationssektion 2. På den integrerade kretsens undersida finns anordnat en gemensam katod 17 av metall för lödning. På den integrerade komponentens ovansida finns anordnat separata anoder för lasersektionen 13, 14 och modulatorsektionen 15, 16 av metall för kontaktering med till exempelvis trådbondning. Aktiva skikt av laser- och modulatorsektionerna kan tillverkas sekventiellt eller samtidigt med selektiv epitaxi eller Selective Area Growth (SAG).

Lasersektionen 1 innefattar ett undre mantelskikt 5 av n-dopad InP, ett aktivt skikt (vågledare) 6 av GaInAsP med en bandgapsvåglängd av ungefär  $1.5\mu\text{m}$ , ett distansskikt 7 av p-dopad InP, ett gitterskikt 8 vilket utgörs av en periodiskt korrugerad struktur med alternerande p-dopad InP och p-dopad GaInAsP med en bandgapsvåglängd av ungefär  $1.3\mu\text{m}$ , ett övre mantelskikt 10 av p-dopad InP och ett kontaktskikt 11 av p-dopad InGaAs. På nämnda kontaktskikt finns anordnat ett kontaktmetallskikt 13 och ett bondmetallskikt 14. En etsad ås 10, se figur 3, 4 och 5, omges av en isolator 19 av till exempel benzocyclobuten (BCB). Det aktiva skiktet 6 kan bestå av en MQW-struktur (Multiple Quantum Well) med töjda skikt. Det aktiva skiktet 6 kan omges av SCH- (Separate Confinement Heterostructure) skikt av InGaAsP med en bandgapsvåglängd på ungefär  $1.3\mu\text{m}$ . Gitterskiktet 8 kan innehålla ett eller flera fasskikt. I strukturen kan finnas ett tunt etsstoppskikt 9.

Isolationssektionen 2 innefattar ett undre mantelskikt 5 av n-dopad InP, ett aktivt skikt (vågledare) 12 av GaInAsP med en bandgaps-våglängd på ungefär  $0.06\mu\text{m}$  mindre än den för det aktiva skiktet 6, ett övremantelskikt 10 av p-dopad InP, ett kontaktskikt 11 av P-dopad InGaAs. Mellan det aktiva skiktet 12 och det övre mantelskiktet 10 kan det finnas anordnat ett

skikt av GaInAsP med en intermediär bandgapsvåglängd på ungefär  $1.1\mu\text{m}$ . Jonimplantation för isolation görs i åtminstone det övre mantelskiktet 10. Det övre mantelskiktet som i detta fall är i form av en etsad ås omges av en isolator exempelvis benzocyclobuten (BCB). Det aktiva skiktet 12 kan alternativt bestå av en MQW-struktur med töjda skikt.

Modulatorsektionen kan i sin allra enklaste form vara en backspänd PN-övergång. Ett undre mantelskikt kan exempelvis utgöras av ett n-dopat InP skikt, ett aktivt skikt (vågledande skikt) kan exempelvis utgöras av ett huvudsakligen odopat InGaAsP skikt och ett övre mantelskikt kan exempelvis utgöras av ett p-dopat InP skikt. Det övre och det undre mantelskiktet är företrädesvis anordnade med metalliska kontakteringsskikt.

Modulatorsektionen 3 i figur 2 och 5 innefattar ett undre mantelskikt 5 av n-dopad InP, ett aktivt skikt (vågledare) 12 av GaInAsP med en bandgapsvåglängd på ungefär  $0.06\mu\text{m}$  mindre än den för det aktiva skiktet 6, ett övre mantelskikt 10 av p-dopad InP och ett kontaktskikt 11 av p-dopad InGaAs. På kontaktskiktet 11 finns ett kontaktmetallskikt 15 och ett bondmetallskikt 16. Mellan det aktiva modulatorskiktet 12 och det övre mantelskiktet 10 kan det finnas anordnat ett skikt av GaInAsP med en intermediär bandgapsvåglängd på ungefär  $1.1\mu\text{m}$ . Det övre mantelskiktet som i föreliggande fall är en etsad ås, se figur 3, 4 och 5, omges av en isolator 19 exempelvis benzocyclobuten (BCB). På sektionens ändyta finns i denna utföringsform anordnat ett antireflexskikt 20. Nämnda Det aktiva skiktet 12 kan alternativt bestå av en MQW-struktur med töjda skikt.

Modulatorsektionen 3 kan vara jonimplanterad på ömse sidor om det åsformade övre mantelskiktet 10, se figur 3, 4 och 5. En

sådan lateral isolation kan göras självlinjerad till modulatorns övre metallisering 16.

Brytningsindex i det aktiva skiktet i lasersektionen, isolationssektionen och modulatorsektionen är högre än de omgivande skikten. Nämda omgivande skikt i modulatorens, isolationssektionen och lasersektionen är beskaffade med ett större bandgap än nämnda aktiva skikt för att på så vis undvika absorption av ljussignalen i dessa skikt.

Ovan nämnda integrerade krets kan tillverkas genom att på ett InP-substrat odlas det undre mantelskiktet 5, det aktiva skiktet 6, distansskiktet 7 och gitterskiktet 8. Substratet beläggs med en ets- och återodlingsmask av exempelvis SiNx varefter det aktiva skiktet 6, distansskiktet 7 och gitterskiktet 8 selektivt etsas bort från all yta som inte är eller skall tillhöra lasersektionen. Därefter återodlas det aktiva modulatorskiktet 12 samt ett tunt täckskikt av InP. Efter att SiNx-masken avlägsnats etsas DFB-gittret i skiktet 8, varefter det övre mantelskiktet 10, etsstoppskiktet 9 och kontaktskiktet 11 odlas. En åsvågledarstruktur etsas i kontaktskiktet 11 och det övre mantelskiktet 10.

Elektrodm metalliseringen 13, 15 löper längs hela komponentens längd och tjänar som självlinjerad mask för etsningen. Åsens sidoväggar i mantelskiktet 10 undergår ingen underets då åsen är orienterad i kristallens [011]-riktning och etsning görs med lämplig ets, exempelvis saltsyrebaserad (HCl) våtets. Etsdjupet begränsas av etsstoppskiktet 9.

Därefter avlägsnas elektrodm metalliseringen och kontaktskiktet från den del av åsen som ligger inom isolationssektionen. Det övre mantelskiktet 10 i isolationssektionen implanteras med hydrogen (H<sup>+</sup>) eller annan jon för att öka isolationen mellan



elektroderna 13, 15. Strukturen kan planariseras genom deponering av en isolator 19. Därefter deponeras bondmetalliseringen 14, 16.

- 5 Modulatorsektionen 3 är krökt eller vinklad så att den möter den integrerade kretsens ändyta i en icke rät vinkel. Den icke rätta vinkeln kan vara sådan att vågledaren vid ändytan avviker från kristallens [011]-riktning med ungefär  $7^\circ$  om den övriga icke krökta eller vinklade delen av vågledaren är anordnad
- 10 parallell med nämnda riktning i kristallen. Vinklingen av vågledaren i förhållande till kretsens ändyta innebär att bakåtreflexer in i modulatorens kan reduceras till en acceptabel nivå.
- 15 Bakåtreflexerna från ändytan av modulatorens kan minskas ytterligare om ett antireflexskikt appliceras på vågledarens ändyta i nämnda modulator.

20 De aktiva skikten 6, 12 kan alternativt odlas samtidigt med SAG.

DFB-lasern 1 drivs med en likström via elektroden 13, 14. Det emitterade ljuset vågleds vidare in i skiktet 12. I modulatorens 3 absorberas ljuset i skiktet 12 till följd av att en

25 backspänning är pålagd elektroden 15, 16. Elektroderna 13, 14 och 15, 16 isoleras elektriskt från varandra av isolationssektionen 2. Det övre mantelskiktet 10 i isolationssektionen 2 ger tillräcklig isolation mellan elektroderna genom att dess resistans ökas med nämnda

30 jonimplantation 18.

Företrädesvis skall en modulator kunna drivas vid höga signalfrekvenser, Gbit/s. I den abrupta övergången mellan p-

InP och InGaAsP uppstår uppstår en så kallad bandböjning sådan att hål ackumuleras vid nämnda övergång, så kallad hole pile up. Ackumuleringen är beroende av en backspännings storlek vilken applicerats över modulatorens. Vid modulering kommer dessa hål därmed att utgöra en laddningsmängd vilken varierar över en modulationscykel. Detta motsvarar en kapacitiv last vilken kan försämra komponentens egenskaper vid höga signalfrekvenser.

För att jämna ut nämnda abrupta övergången mellan p-InP och InGaAsP kan mellan det aktiva skiktet 12 och det övre mantelskiktet 10 kan finnas anordnat ett skikt av GaInAsP med den intermediära bandgapsvåglängden på ungefär  $1.1\mu\text{m}$ . Syftet med detta skikt är att öka modulationsbandbredden genom att reducera så kallad hole pile up. Fyllningen 19 planariserar komponenten och ger ett mekaniskt skydd. Nämnda fyllning 19 lyfter också metalliseringen på komponentens ovansida 14 och 16 och minskar därigenom kapacitansen i modulatorens. Detta är fördelaktigt för att kunna modulera modulatorsektionen 3 med en hög frekvens. Högfrekvenssegenskaperna kan även förbättras genom en lateral elektrisk begränsning, vilken kan åstadkommas med isolation på ömse sidor om modulatorens ås.

Ovan beskrivna modulator är uppbyggd enligt RWG (Ridge Waveguide Structure). Naturligtvis kan föreliggande uppfinning även tillämpas på modulatorens och integrerade kretsar innefattande modulator och laser uppbyggda enligt BH (Buried Heterostructure). Det kan även tänkas en kombination av en laser uppbyggd enligt RWG och en modulator enligt BH samt vice versa.

Lasern 1 i den integrerade kretsen kan vara en halvledarlaser av exempelvis DFB-typ (Distributed Feed Back) eller DBR-typ (Distributed Bragg Reflecting).

- 5     Modulatorn 3 enligt uppfinningen kan exempelvis vara av elektroabsorptionstyp eller av Mach-Zehndertyp. Då modulatorn 3 är av elektronabsorptionstyp kan Stark-effekt eller Franz-Keldysh-effekt utnyttjas.
- 10    I det ovan beskrivna och i figurerna visade är polariteten sådan att anoden är anordnad till det övre mantelskiktet 10 och katoden till det undre mantelskiktet 5. Naturligtvis skiftas polariteten om istället det undre mantelskiktet 5
- 15    utgörs av ett p-dopat InP skikt och det övre mantelskiktet 10 utgörs av ett n-dopat InP skikt.

Uppfinningen är naturligtvis inte begränsad till de ovan beskrivna och de på ritningarna visade utföringsformerna, utan kan modifieras inom ramen för de bifogade patentkraven.

**PATENTKRAV**

1. En modulator (3) av halvledarmaterial för modulering av  
5 en ljussignal innefattande åtminstone ett första  
mantelskikt (5) av ett halvledarmaterial med ett första  
brytningsindex, en vågledare (12) av ett halvledarmaterial  
med ett andra brytningsindex anordnad på nämnda första  
10 mantelskikt (5) och ett andra mantelskikt (10) av ett  
halvledarmaterial med ett tredje brytningsindex anordnad på  
nämnda vågledare (12), där nämnda första och tredje  
brytningsindex i nämnda första och andra mantelskikt (5,  
10) är lägre än nämnda andra brytningsindex i nämnda  
vågledare (12) och där det första och det andra  
15 mantelskiktet (5, 10) är anordnade med ett första och ett  
andra metallskikt (17, 13), där det första metallskiktet  
(17) anordnat direkt eller indirekt på det första  
mantelskiktet (5) utgör en första kontaktyta och där det  
andra metallskiktet (13) anordnat direkt eller indirekt på  
20 det andra mantelskiktet (10) utgör en andra kontaktyta,  
**kännetecknad av** att nämnda vågledare (12) är krökt eller  
vinklad så att en tangent (50) till vågledaren vid en  
ändyta av vågledaren (12) möter en ändyta av modulatorens  
med en vinkel ( $\alpha$ ) skild från  $90^\circ$  för att på så vis minska  
25 reflektion av ljus tillbaka genom modulatorens (3).

2. Modulator (3) enligt patentkrav 1, **kännetecknad av** att  
en tangent till ett parti av vågledaren (12) innan det  
krökta eller vinklade partiet är parallell med en [011]-  
riktning i halvledarmaterialet.

30 3. Modulator (3) enligt patentkrav 1 eller 2, **kännetecknad  
av** att modulatorens innefattar ett antireflexskikt (20)  
anordnat på vågledarens (12) ena ändyta.

4. Modulator (3) enligt något av patentkraven 1-3,  
**kännetecknad av** att modulatorens är av  
elektronabsorptionstyp.
- 5 5. Modulator (3) enligt patentkrav 4, **kännetecknad av** att  
modulatorens utnyttjar Stark-effekten.
6. Modulator (3) enligt patentkrav 4, **kännetecknad av** att  
modulatorens utnyttjar Franz-Keldysh-effekten.
7. Modulator enligt något av ovanstående patentkrav,  
**kännetecknad av** att vågledaren är av begrävd vågledartyp  
10 (Buried Heterostructure)
8. Modulator (3) enligt något av patentkraven 1-4,  
**kännetecknad av** att vågledaren är av åsvågledartyp (ridge  
waveguide structure).
9. En integrerad krets på ett halvledarsubstrat,  
15 innefattande åtminstone en laser (1) och en modulator (3)  
optiskt kopplade till varandra, **kännetecknad av** att  
modulatorens (3) är enligt något av ovanstående patentkrav.
10. Integrerad krets enligt patentkrav 9, **kännetecknad av**  
att ett jonimplanterat isolationsområde (2) finns anordnat  
20 mellan nämnda laser (1) och nämnda modulator (3).
11. Integrerad krets enligt patentkrav 9 eller 10,  
**kännetecknad av** att lasern (1) är av DFB typ (Distributed  
Feed Back)
12. Integrerad krets enligt patentkrav 9 eller 10,  
25 **kännetecknad av** att lasern (1) är av DBR typ (Distributed  
Bragg Reflection).

**SAMMANDRAG**

Föreliggande uppfinning hänför sig till en modulator (3) av halvledarmaterial för modulering av en ljussignal innefattande åtminstone ett första mantelskikt (5) av ett halvledarmaterial med ett första brytningsindex, en vågledare (12) av ett halvledarmaterial med ett andra brytningsindex anordnad på nämnda första mantelskikt och ett andra mantelskikt (10) av ett halvledarmaterial med ett tredje brytningsindex anordnat på nämnda vågledare (12). Nämnda första och tredje brytningsindex i nämnda första och andra mantelskikt (5, 10) är lägre än nämnda andra brytningsindex i nämnda vågledare (12). Det första och det andra mantelskiktet (5, 10) är anordnat med ett första och ett andra metallskikt (17, 13), där det första metallskiktet (17) anordnat direkt eller indirekt på det första mantelskiktet (5) utgör en första kontaktyta och där det andra metallskiktet (13) anordnat direkt eller indirekt på det andra mantelskiktet (10) utgör en andra kontaktyta. Vågledaren (12) är krökt eller vinklad så att en tangent (50) till vågledaren (12) vid en ändyta av vågledaren (12) möter en ändyta av modulatorens med en vinkel ( $\alpha$ ) skild från 90° för att på så vis minska reflektion av ljus tillbaka genom modulatorens (3).

1/2

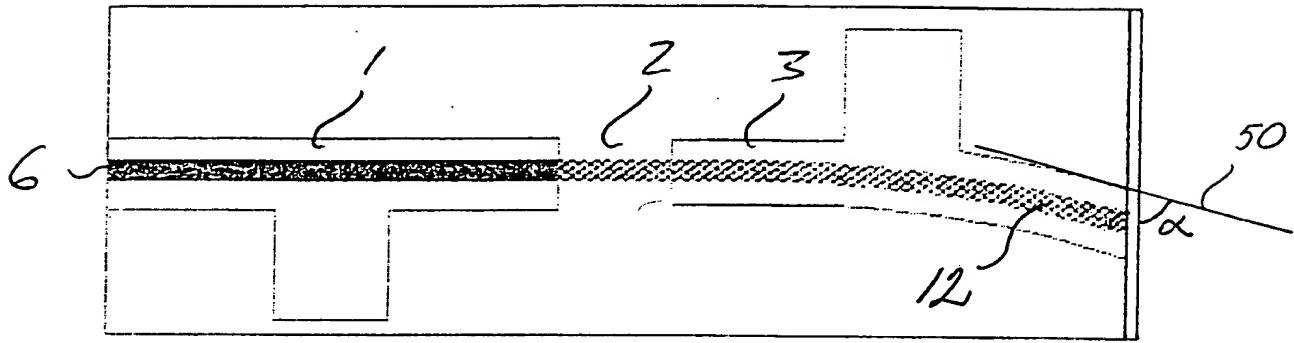


Fig. 1

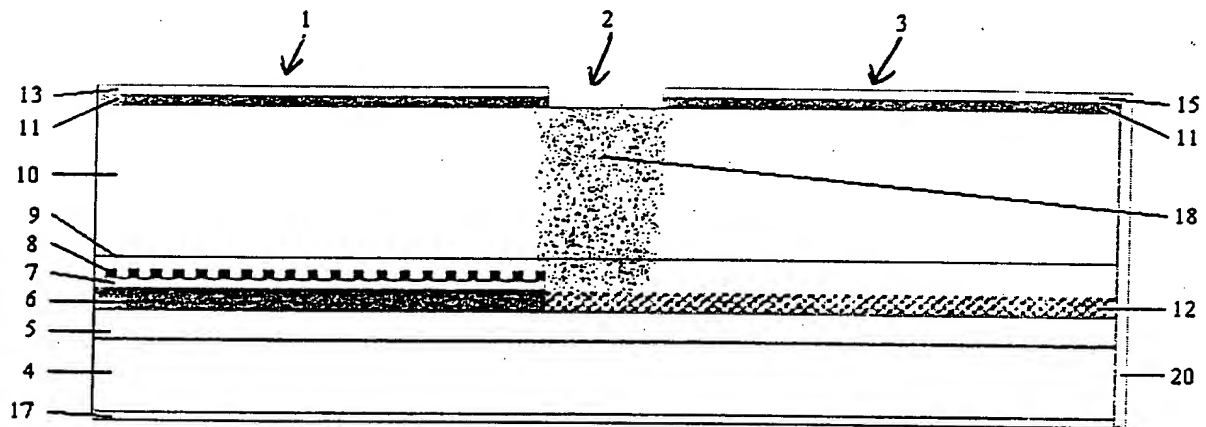


Fig. 2

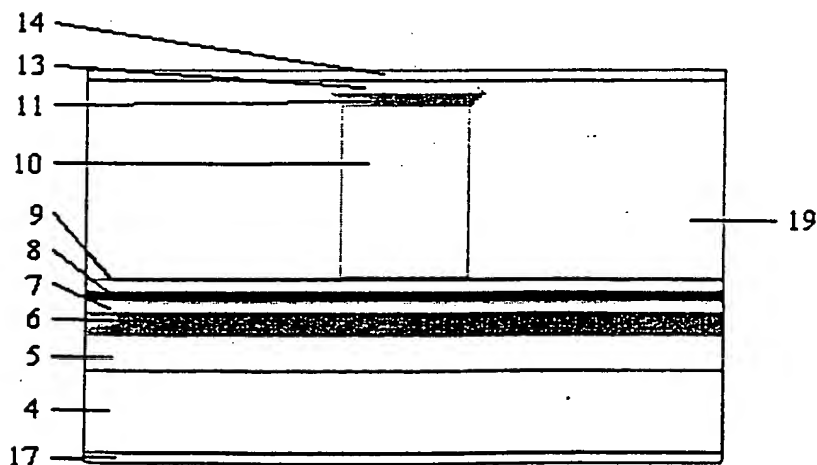


Fig. 3

2/2

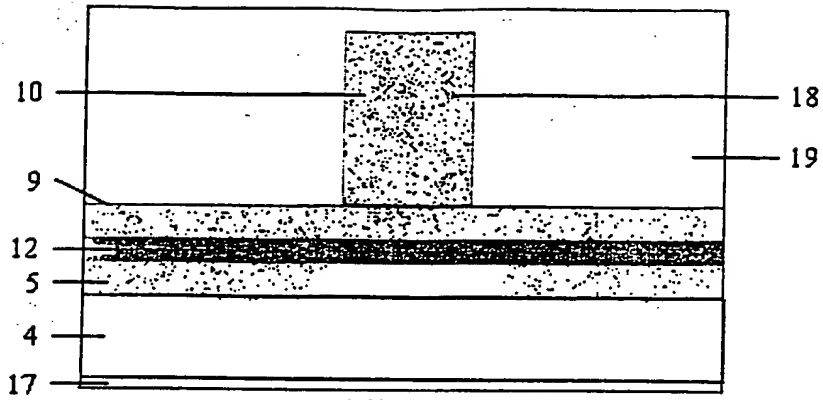


Fig. 4

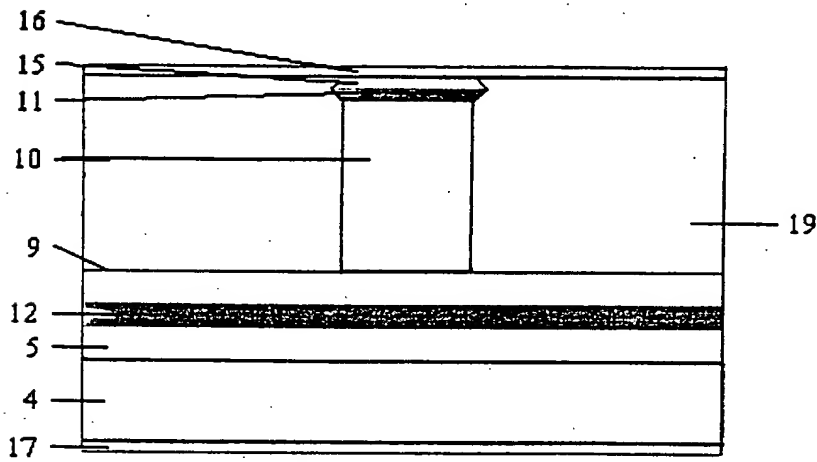


Fig. 5